

A stylized handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke extending to the right.

На правах рукописи

САВЕЛЬЕВ Александр Юрьевич

**СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ
ПРОЦЕССОМ УНИВЕРСИТЕТА, ПОСТРОЕННАЯ
НА БАЗЕ СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННОЙ АРХИТЕКТУРЫ**

Специальность 05.13.01 «Системный анализ, управление и
обработка информации (информационные технологии)»

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

ТАМБОВ 2013

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВПО «ТГТУ») на кафедре «Системы автоматизированной поддержки принятия решений».

Научный руководитель доктор технических наук, профессор, профессор
кафедры «Системы автоматизированной поддержки
принятия решений» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»
Подольский Владимир Ефимович

Официальные оппоненты: ***Каширин Игорь Юрьевич,***
доктор технических наук, профессор, профессор
кафедры «Вычислительная и прикладная математика» ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный
радиотехнический университет»

Ландсберг Сергей Евгеньевич,
доктор технических наук, профессор, профессор
кафедры «Системы автоматизированного проектирования и информационные системы» ФГБОУ
ВПО «Воронежский государственный технический университет»

Ведущая организация ФГБОУ ВПО «Московский государственный
гуманитарный университет им М. А. Шолохова»,
Институт информатизации образования

Защита состоится 5 декабря в 15 часов на заседании диссертационного совета Д 212.260.07 ФГБОУ ВПО «ТГТУ» по адресу: г. Тамбов, ул. Ленинградская, д. 1, ауд. 160.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «ТГТУ» по адресу: г. Тамбов, ул. Мичуринская, д. 112, корп. «Б».

Автореферат диссертации размещен на официальных сайтах ФГБОУ ВПО «ТГТУ» <http://www.tstu.ru> и ВАК Минобрнауки РФ <http://vak.ed.gov.ru>.

Автореферат разослан «__» ноября 2013 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор технических наук, доцент



Сергей Яковлевич Егоров

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В последние годы в образовательных процессах университетов огромную роль играет телекоммуникационная составляющая. Внедрение информационных технологий в процесс обучения предоставляет преимущества не только для студентов, обучающихся дистанционно, но и для учащихся очной формы обучения.

Информационные технологии в образовании предоставляют следующие возможности:

- обучение практически в любом учебном заведении, не выходя из дома, не покидая своего города;
- создание преподавателем тренажерных упражнений для отработки тех или иных умений у студентов;
- поиск информации студентами и преподавателями не только в своем университете, но и в любом другом источнике;
- создание преподавателем демонстрационных презентаций с целью визуализации изучаемых объектов, явлений или процессов;
- проведение удаленных экспериментов на реальном оборудовании;
- моделирование различных объектов, явлений или процессов с различной точностью в виртуальной среде с целью их изучения.

В данный момент на рынке существует огромное количество систем управления образовательным процессом, однако все они имеют свою собственную структуру и не совместимы между собой.

Существуют определенные спецификации и стандарты для хранения электронных курсов, тестов, результатов тестирования. Одним из таких стандартов является SCORM (Sharable Content Object Reference Model). Недостатком данного стандарта является то, что с его помощью можно передавать лишь содержание электронных курсов – учебные материалы, электронные учебники, книги. Эта спецификация не подразумевает хранение и передачу самих модулей (например, онлайн-тестов, досок для рисования, видео- и звуковых редакторов) системы управления образовательным процессом.

Во многих отраслях жизнедеятельности человека, таких как бухгалтерское дело, аналитика, менеджмент организаций, в данный момент применяется так называемая сервис-ориентированная архитектура. Она позволяет создать единый стандарт для приложений той или иной отрасли таким образом, что любой программный продукт может быть применен не только в системе, для которой он был разработан, но и в любой другой. Таким образом, резко сокращается время разработки новых модулей систем, уменьшаются расходы на поддержание системы в работоспособном состоянии, упрощается задача обновления, увеличивается гибкость системы. В результате система становится более удобной и понятной для конечных пользователей.

Если применить сервис-ориентированную архитектуру в образовательном процессе университета, то можно добиться лучшего контроля за успеваемостью учащихся, создавать новые методы получения, анализа и обработки учебной информации, применять новые методы и алгоритмы прогнозирования и оценки эффективности и качества образования, оказывать нужную помощь при принятии управленческих решений в образовательном процессе. Все эти пункты, в конечном счете, позволят повысить качество образования в университетах и повысят успеваемость учащихся.

Для определения эффективности применения сервис-ориентированной архитектуры в системе управления образовательным процессом университета необходимо определять уровень обученности студентов до и после внедрения новой архитектуры. Под *уровнем обученности* будем понимать степень совпадения реальных и запланированных результатов учебной деятельности.

Объектом исследования в данной работе является система управления образовательным процессом университета.

Предметом исследования данной работы является структура системы управления образовательным процессом университета и методы связи модулей в этой системе.

Целью диссертационной работы является повышение уровня обученности студентов за счет применения сервис-ориентированной архитектуры в системе управления образовательным процессом университета.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

1. Анализ существующих систем управления образовательным процессом университета, выявление их достоинств и недостатков, исследование структурных схем таких систем.

2. Разработка и исследование методов и методик взаимодействия модулей системы управления образовательным процессом университета в соответствии с концепцией сервис-ориентированной архитектуры.

3. Исследование методов, алгоритмов и критериев оценки качества и эффективности обучения учащихся в университетах.

4. Разработка и исследование структурных решений и управляющих алгоритмов, обеспечивающих взаимодействие модулей внутри системы управления образовательным процессом университета.

5. Разработка программного комплекса управления образовательным процессом в университете с возможностью визуализации и анализа данных полученных при работе программы.

Научная задача. Необходимо разработать электронную систему управления образовательным процессом университета, обеспечивающую минимальное количество связей между модулями и учитывающую имеющиеся в университете учебные и методические материалы.

Методы и средства исследований. При решении поставленных задач использовались методы системного анализа, теории графов, объектно-ориентированного программирования, математической логики и математической статистики.

Достоверность исследования. Результаты, полученные в диссертационной работе, подтверждаются корректностью использования разработанной системы управления образовательным процессом в ФГБОУ ВПО «ТГТУ». Программная реализация системы, созданная на основе предложенных методов и методик взаимодействия компонентов системы, подтверждена свидетельством о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Научная новизна исследования.

1. На основе методов системного анализа впервые поставлена и решена новая задача структурно-параметрического синтеза системы управления образовательным процессом университета, построенной на базе сервис-ориентированной архитектуры, учитывающая специфику методических материалов университета и направленная на минимизацию количества связей между модулями в системе.

2. В соответствии с концепцией сервис-ориентированной архитектуры разработаны параметры и методы взаимодействия компонентов и модулей в системе управления образовательным процессом университета, призванные стандартизировать структуру данных и интерфейсов для всех типов модулей системы.

3. Впервые разработан и применен метод прогнозирования и алгоритм обхода типовых ситуаций при взаимодействии модулей внутри системы управления образовательным процессом университета на базе сервис-ориентированной архитектуры.

4. На основе концепции сервис-ориентированной архитектуры разработаны алгоритмы и программы системы управления образовательным процессом университета с учетом инкапсулированной структуры модулей и подсистем.

Теоретическая значимость исследования заключается в разработке структуры системы управления образовательным процессом университета в соответствии с концепцией сервис-ориентированной архитектуры.

Практическая значимость исследования заключается в применении разработанной системы управления образовательным процессом университета в ФГБОУ ВПО «ТГТУ» и ООО «Дистанционный репетитор». Внедрение системы подтверждается соответствующими актами о внедрении. Применение разработанной системы позволило снизить трудозатраты на поддержание и модернизацию учебных модулей.

Положения, выносимые на защиту, приведены в следующем списке:

1. Постановка задачи структурно-параметрического синтеза системы управления образовательным процессом университета, построенной на базе сервис-ориентированной архитектуры.

2. Алгоритмы связи модулей в системе управления образовательным процессом университета, построенной на базе сервис-ориентированной архитектуры.

3. Методики и алгоритмы обхода типовых ситуаций при взаимодействии модулей внутри системы, построенной на базе сервис-ориентированной архитектуры.

4. Структура системы управления образовательным процессом университета, реализующая предложенные методики, модели и алгоритмы.

Апробация работы. Результаты диссертации докладывались и обсуждались на Всероссийском конкурсе научных работ студентов и аспирантов «Телематика 2010» (Санкт-Петербург); Международном конгрессе по информационным технологиям (Саратов, 2012); Всероссийской научно-методической конференции «Телематика 2013» (Санкт-Петербург).

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 101 наименования и пяти приложений. Диссертация содержит 130 страниц текста, 26 рисунков и 11 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность работы, сформулированы ее цель и задачи, научная новизна, практическая значимость и основные положения, выносимые на защиту.

В **первой главе** «Анализ методов и средств применения сервис-ориентированной архитектуры в системе управления образовательным процессом университета» исследовано понятие сервис-ориентированной архитектуры, определены основные ее преимущества при программировании системы управления образовательным процессом университета:

- способность оперативно реагировать на изменения образовательных технологий;
- способность сохранять инвестиции за счет многократного использования аппаратных и программных средств;
- простота интеграции образовательных технологий в учебный процесс и долговременная их отдача.

Замечено, что при внедрении сервис-ориентированной архитектуры в систему управления образовательным процессом университета можно столкнуться со следующими категориями трудностей: трудности внедрения, трудности производительности и трудности управления. При внедрении иногда трудно организовать подключения к действующим приложениям, работающим на нераспределенных платформах, сформировать логическую структуру сообщений и обеспечить их преобразование при передаче от одного сервиса к другому. Трудности производительности – это обеспечение и поддержка реальной рабочей нагрузки и обеспечение приемлемого времени отклика, а также соответствия между ожидаемым уровнем обслуживания и реальной пропускной способностью для конечного пользователя. Проблемы управления связаны с необходимым уровнем информационной безопасности во всей среде. Несмотря на все трудности, сервис-ориентированная архитектура, реализованная ведущими производителями программного обеспечения, может стать основой образовательных технологий будущего, быстро адаптирующихся к изменяющимся потребностям университетов России в условиях реформы высшего образования.

Произведен анализ основных существующих систем управления образовательным процессом университета: aTutor, Chamilo, Claroline, Dokeos, eFront, Fedena, ILIAS, Moodle, OLAT, Sakai, WeBWorK и Dist-Dutor. Выявлено, что все вышеперечисленные системы обладают общим недостатком – все они построены на трехуровневой архитектуре приложений, что делает их расширение и поддержку сложной. В такие системы невозможно интегрировать модули из других систем. Определено, что данную проблему можно решить построением системы управления образовательным процессом университета на базе сервис-ориентированной архитектуры.

Произведен анализ основных существующих средств построения систем управления образовательным процессом университета. Определено, что достаточными мультимедиа-возможностями обладает связка PHP и MySQL на стороне сервера и ActionScript 3 и Flex FrameWork на стороне клиента.

Исследованы основные существующие критерии определения уровня обученности: критерий Смирнова, формула определения успешности обучения.

Критерий Смирнова для определения уровня обученности студентов имеет вид

$$CO = \frac{n5 \times 1 + n4 \times 0,64 + n3 \times 0,36 + n2 \times 0,16}{N},$$

где N – количество студентов, принимающих участие в тестировании; $n5$ – количество студентов, справившихся с тестовыми заданиями на оценку «отлично»; $n4$ – количество студентов справившихся с тестовыми заданиями на оценку «хорошо»; $n3$ – количество студентов, справившихся с тестовыми заданиями на оценку «удовлетворительно»; $n2$ – количество студентов, справившихся с тестовым заданием на оценку «неудовлетворительно».

Формула определения успешности обучения имеет вид

$$УО = \frac{n5 + n4}{N},$$

где $n5$ – количество студентов, выполнивших тестовые задания на оценку «отлично»; $n4$ – количество студентов, выполнивших тестовое задание на оценку «хорошо».

Рассмотренные критерии плохо подходят для определения уровня обученности в электронных системах управления образовательным процессом университета из-за их невысокой точности, поэтому решено модифицировать их таким образом, чтобы они учитывали такие параметры тестирования, как полнота ответа, время ответа, сложность задания и были достаточно точными.

Во **второй главе** «Организация управления образовательным процессом университета системой, построенной на основе сервис-ориентированной архитектуры» сформулирована задача структурно-параметрического синтеза системы управления образовательным процессом университета, построенной на базе сервис-ориентированной архитектуры.

Определено, что целью данной работы является уменьшение трудозатрат на разработку и внедрение новых модулей в систему управления образовательным процессом университета. Для достижения поставленной цели необходимо уменьшить сложность системы, а этого можно добиться, снизив количество связей между модулями системы. Количество связей между модулями в системе снизится, если перестроить систему в соответствии с концепцией сервис-ориентированной архитектуры.

Отмечено, что при перестроении системы необходимо учесть уже имеющиеся в системе методические материалы – они должны быть представлены в соответствующих модулях новой системы.

Концепция сервис-ориентированной архитектуры предполагает наличие независимых модулей, которые связаны между собой с помощью стандартизированных интерфейсов (связей) и имеют свой собственный набор настроек и изменяемых внутренних величин (параметров). В связи с этим задача структурно-параметрического синтеза системы управления образовательным процессом, построенной на базе сервис-ориентированной архитектуры, сформулирована следующим образом.

Необходимо разработать электронную систему управления образовательным процессом университета, включающую:

- кластер методических материалов $[MM]$

$$[MM] = [\overline{TM_i}, \overline{GM_i}, \overline{AM_i}, \overline{VM_i}, \overline{QM_i}, \overline{PM_i}, \overline{DB}];$$

- способы и параметры взаимодействия модулей внутри системы $[V]$

$$[V] = [\overline{ES_q}, \overline{NS_q}, \overline{SS_q}];$$

- кластер графических интерфейсов пользователей $[I]$

$$[I] = [\overline{SI_j}, \overline{TI_j}, \overline{AI_j}]$$

и обеспечивающую минимальное количество связей между модулями системы $\overline{N^*}$, в соответствии с моделями регламента проведения дистанционных занятий в университете R

$$R: \overline{N} \xrightarrow{[MM], [V], [I]} \overline{N^*}.$$

В постановке задачи использованы следующие обозначения: \overline{TM}_i – вектор, определяющий имеющиеся текстовые методические материалы; \overline{GM}_i – вектор, определяющий имеющийся графический методический материал; \overline{AM}_i – вектор, определяющий имеющиеся звуковые методические материалы; \overline{VM}_i – вектор, определяющий имеющиеся методические материалы в видеоформатах; \overline{QM}_i – вектор, определяющий имеющийся методический материал в виде тестовых заданий; \overline{PM}_i – вектор, определяющий имеющийся методический материал в виде презентаций; DB – база данных имеющихся методических материалов; i – порядковый номер методического материала в базе данных; \overline{ES}_q – вектор имеющихся модулей в системе; \overline{NS}_q – вектор новых модулей системы; \overline{SS}_q – вектор возможных связей модулей; q – порядковый номер модуля; \overline{SI}_j – вектор, определяющий виды графических интерфейсов модулей для студентов; \overline{TI}_j – вектор, определяющий виды графических интерфейсов модулей для преподавателей; \overline{AI}_j – вектор, определяющий виды графических интерфейсов модулей для администратора системы; j – порядковый номер вида графического интерфейса для модуля.

Отмечено, что при добавлении новых модулей в систему, в ней появятся новые возможности, необходимые для той или иной изучаемой дисциплины. Благодаря использованию такого функционала, уровень обученности студентов должен возрасти.

Критерий Смирнова модифицирован таким образом, что он учитывает сложность тестовых заданий, степень «правильности» и полноты ответа студента. Полученный критерий достаточно точен для определения уровня обученности в электронной системе управления образовательным процессом университета.

Для расчета уровня обученности одного студента критерий имеет вид

$$\begin{cases} CO = \sum_{i=1}^n c_i Z_i; \\ \sum_{i=1}^n c_i = 1, \end{cases}$$

где c_i – коэффициент сложности задания; Z_i – показатель «правильности» ответа учащегося. Для тестов с единственным ответом – $Z = 1$ в случае правильного ответа, $Z = 0$ в случае неправильного ответа. Для тестов с множественными ответами

$Z = \frac{Q_i - Q_f}{R_i}$, где Q_i – количество ответов, выбранных правильно в данном задании,

Q_f – количество ответов, выбранных неправильно в данном задании, R_i – количество правильных ответов в данном тестовом задании; n – количество заданий в тесте.

Составлен критерий определения уровня обученности потока студентов:

$$\left\{ \begin{array}{l} CO = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n c_i Z_{ij}; \\ \sum_{i=1}^n c_i = 1, \end{array} \right.$$

где m – количество студентов в потоке.

Определено, что если в ходе тестирования определять не только правильность выполнения тестовых заданий, но и затраченное время на их определение, то можно более точно определить уровень обученности студента. Студент, который быстрее ответит на тот или иной вопрос, с большей долей вероятности сможет лучше применить полученные знания на практике, а следовательно, можно считать, что уровень его обученности будет выше.

Благодаря внедрению сервис-ориентированной архитектуры в систему управления образовательным процессом университета, стало возможным импортировать в систему модуль тестирования, который учитывает время выполнения заданий студентами.

Критерий определения уровня обученности с учетом времени выполнения задания одного студента имеет вид

$$COt = T \sum_{i=1}^n \frac{Z_i}{t_i},$$

где t_i – время, затраченное на выполнение тестового задания студентом; n – количество заданий в тесте; T – общее время тестирования; $Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_n$ – показатели «правильности» ответа учащегося. Его определение аналогично определению в предыдущей модели.

Для потока студентов критерий примет вид

$$COt_{\text{потока}} = \frac{\sum_{i=1}^m COt_i}{m},$$

где m – количество студентов, выполнявших задания.

Помимо рассмотренных критериев для определения уровня обученности студента, предложено также исследовать дополнительные метрики, которые помогут определить влияние внедрения сервис-ориентированной архитектуры в систему на образовательный процесс университета. Такими метриками являются:

- процент учащихся, вовремя сдавших экзаменационную сессию;
- процент студентов, отчисленных за неуспеваемость;
- количество человеко-часов, необходимых для добавления в систему того или иного модуля;

- количество студентов, пользующихся системой управления образовательным процессом университета.

Третья глава «Разработка и исследование структуры системы управления образовательным процессом университета на базе сервис-ориентированной архитектуры» посвящена исследованию структурных особенностей разрабатываемой системы и ее модулей. Выявлены основные модули, необходимые для функционирования системы управления образовательным процессом:

- модуль регистрации и учета прав пользователей;
- модуль сбора статистики;
- модуль, ответственный за хранение учебных материалов, учебников, статей;
- модуль тестирования;
- модуль создания и редактирования учебных материалов;
- модуль, ответственный за мультимедийное взаимодействие учащихся (форумы, чаты, видеочаты, видеолекции, доски для рисования и т.д.);
- модуль расписания занятий;
- модуль, ответственный за создание резервных копий и восстановление системы в случае поломки;
- модуль вывода отчетов.

Произведен анализ моделей систем управления образовательным процессом университета, построенных на трехуровневой архитектуре приложений и на сервис-ориентированной архитектуре.

При разработке системы, построенной на трехуровневой архитектуре, модель системы управления образовательным процессом можно представить в виде графа, в котором каждая из вершин имеет связь с любой другой вершиной. Тогда количество связей между модулями системы определяются по следующей формуле:

$$r = \sum_{i=1}^n (h - i),$$

где r – количество связей между модулями; h – количество модулей в системе.

При использовании сервис-ориентированной архитектуры (рис. 1), количество связей будет равно количеству модулей в системе ($r = h$).

Сравнивая исследованные модели, можно сделать вывод, что количество связей в приложении, построенном на сервис-ориентированной архитектуре, будет всегда меньше при количестве модулей, более двух. Следовательно, для больших систем управления образовательным процессом университета, в которых количество модулей более двух, сервис-ориентированная архитектура уменьшает количество связей между модулями. Таким образом, применение сервис-ориентированной архитектуры позволяет уменьшить сложность системы, а это значит, что на обслуживание и модернизацию системы будет требоваться меньше ресурсов.

Исследованы основные права доступа пользователей к системе. В системе управления образовательным процессом университета, построенной на базе сервис-ориентированной архитектуры, права пользователей применяются не ко всей системе, а к каждому модулю в отдельности. Если при трехуровневой архитектуре приложений пользователь имеет одинаковые права во всех компонентах, то в концепции сервис-ориентированной архитектуры, пользователь может иметь разные права доступа в разных модулях. При этом для каждого модуля может существовать разное количество типов прав доступа.

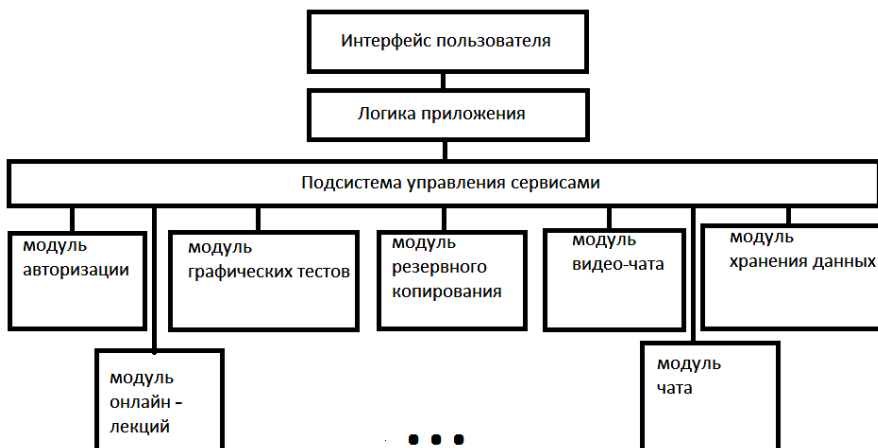


Рис. 1. Структурная схема системы управления образовательным процессом университета, построенной на базе сервис-ориентированной архитектуры

В данной работе, с целью более четкого разграничения прав преподавателей, студентов и администраторов, решено считать, что у пользователя может быть только три типа прав доступа: «Ученик», «Учитель» и «Администратор системы».

Рассмотрена структура модулей для каждого из приведенных типов прав доступа.

Разработана и исследована структура модулей системы, построенной на базе сервис-ориентированной архитектуры. Определено, что в системе могут быть использованы два типа модулей:

- модули, разрабатываемые непосредственно для данной системы;
- модули, включающие независимые приложения.

В первом случае (рис. 2), модуль состоит из подсистемы стандартизации объектов SOAP, интерфейса взаимодействия с внешней средой, логики модуля и внутренней базы данных.

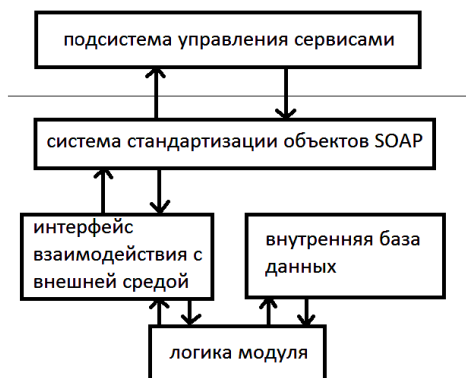


Рис. 2. Структурная схема модуля, разработанного специально для данной системы

Логика модуля представляет собой собственно само приложение, которое выполняет те или иные функции. Она взаимодействует с системой управления образовательным процессом университета посредством интерфейса взаимодействия с внешней средой. Такой интерфейс необходим для стандартизации обмена данными между всеми модулями. Он представляет собой программу, которая получает какие-либо данные от логики модуля, преобразует их в формат, принятый в данной системе, и передает на следующий уровень.

Система стандартизации объектов SOAP представляет собой программу, принимающую неструктурированные данные от интерфейса взаимодействия с внешней средой и передающую их в подсистему управления сервисами. Внутри модуля происходит структурирование полученных данных в виде, принятом в SOAP данных. В данной работе таким языком разметки является XML, так как он широко распространен и выполняет все необходимые в данной системе функции.

Каждый модуль может хранить какие-либо внутренние данные, необходимые для правильного функционирования. Такие данные хранятся во внутренней базе данных, которая связана непосредственно с логикой модуля и не нуждается в каких-либо дополнительных преобразованиях формата.

В случае, если модуль содержит приложение, которое не рассчитано для работы в данной системе (рис. 3), структура модуля содержит: подсистему стандартизации объектов SOAP, интерфейс взаимодействия с внешней средой, интерфейс «виртуальная машина–внешняя среда», виртуальную машину и собственно независимое приложение.

Основное независимое приложение выполняется на сервере в виртуальной машине. В зависимости от типа приложения, виртуальная машина может содержать разные компоненты и на ней могут функционировать разные операционные системы, такие как Windows, Linux или MacOS. Общение приложения с внешней средой происходит посредством интерфейса «виртуальная машина–внешняя среда».

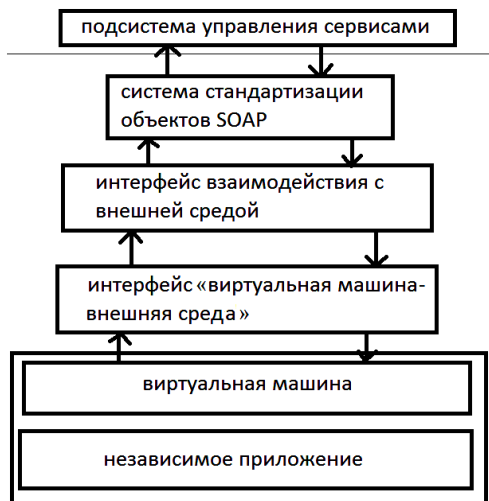


Рис. 3. Структура модуля, включающего в себя независимое приложение

которая представляет собой инструмент, считывающий и записывающий определенные параметры из виртуальной машины. Такие параметры могут быть считаны из реестра операционной системы, файлов настроек, из COOKIES и сессий браузера, из баз данных и файлов виртуальной операционной системы.

Интерфейс «виртуальная машина–внешняя среда» предоставляет данные для интерфейса взаимодействия с внешней средой аналогично тому, как это происходит в случае, когда модуль написан непосредственно для данной системы управления образовательным процессом университета.

Разработаны и исследованы алгоритмы взаимодействия модулей внутри системы управления образовательным процессом университета. Взаимодействие отдельных модулей между собой происходит аналогично тому, как взаимодействуют процессы в операционной системе. Каждый модуль системы может запросить какой-либо ресурс системы или другого модуля и может через какой-либо промежуток времени освободить данный ресурс. В результате взаимодействия модулей в системе могут возникать *тупиковые ситуации*. Возникновение тупиковой ситуации означает, что два или более модулей ожидают ресурсы, которые в данной ситуации никогда не будут доступны.

Для возникновения тупиковой ситуации необходимо выполнение одновременно всех следующих условий.

Условие взаимного исключения. Каждый ресурс в текущий момент или занят ровно одним модулем или свободен, т.е. ресурсы находятся в режиме пользования одним модулем.

Условие удержания и ожидания. Модули, которые в текущий момент удерживают полученные ранее ресурсы, могут делать запросы на получение новых ресурсов.

Условие отсутствия принудительного освобождения ресурсов. Невозможно заставить процесс освободить ранее полученные ресурсы. Процесс, обладающий ресурсами, должен сам их освободить.

Условие циклического ожидания. Должна существовать кольцевая последовательность из двух или более модулей, каждый из которых ожидает освобождение ресурса, удерживаемого следующим членом последовательности. Иными словами, должно существовать множество модулей $\{M_0, M_1, \dots, M_n\}$, так, что модуль M_0 ожидает освобождения ресурса модуля M_1 , M_1 ожидает M_2 , ..., M_{n-1} ожидает M_n , а M_n ожидает освобождения ресурсов модулем M_0 .

Задачей подсистемы управления сервисами является борьба с появлением тупиковых ситуаций, а в случае появления таковых – выявление их и предотвращение.

Чтобы предупредить тупиковую ситуацию, необходимо не допускать одновременного появления всех вышеперечисленных пунктов. Для этого можно:

- давать возможность нескольким модулям пользоваться одним и тем же ресурсом;
- не давать возможность модулям требовать новые ресурсы, пока не освобождены предыдущие;
- давать возможность одним модулям забирать ресурсы у других, не дожидаясь, пока модуль, занявший ресурс, освободит его добровольно;
- следить за выдачей ресурсов и не допускать появления цепочек модулей, ожидающих освобождения ресурсов.

В некоторых случаях тупиковую ситуацию предотвратить невозможно, в этом случае подсистема управления модулями может приостановить один из модулей, освободить ресурсы и запустить его снова, когда необходимые ресурсы будут использованы другими модулями. При этом на интерфейсе пользователя не возникнет никаких задержек.

Подсистема логики приложения обеспечивает взаимодействие подсистемы управления модулями и подсистемы интерфейса пользователя.

В **четвертой главе** «Реализация системы управления образовательным процессом университета на основе сервис-ориентированной архитектуры» проведено практическое обоснование применения сервис-ориентированной архитектуры в системе управления образовательным процессом университета.

Описаны структурные схемы интерфейсов выделенных подсистем и конфигурации технических и программных средств, используемых при апробации программного комплекса.

Описана структура базы данных разработанной системы управления образовательным процессом университета.

Эксперименты по применению системы управления образовательным процессом университета, построенной на базе сервис-ориентированной архитектуры, проводились в ФГБОУ ВПО «ТГТУ». Была доработана существующая в университете система VitaLMS. В качестве базы для эксперимента использовались дисциплины «Операционные системы» и «Мультимедиа-технологии», изучаемые студентами на кафедре систем автоматизированной поддержки принятия решений, а также дисциплины «Мультимедиа-технологии и дизайн интерфейсов», «Введение в торговлю акциями» и «Введение в LAMP-технологии», изучаемые студентами в центре подготовки международных специалистов ФГБОУ ВПО «ТГТУ». Параллельно проводился эксперимент в отделе Мультимедиа-технологий Тамбов ЦНИТ ТГТУ, в котором выяснялось, повлияло ли применение сервис-ориентированной архитектуры на время, необходимое для добавления новых модулей в систему.

Эксперимент был начат осенью 2010 г. и с момента его начала в процессе обучения было задействовано свыше трехсот человек.

Для получения необходимых метрик, отображающих результат внедрения системы, было проведено несколько видов экспериментов.

В первом эксперименте определялось количество человеко-часов, необходимых для добавления одного модуля в систему до построения ее на базе сервис-ориентированной архитектуры и после перестроения системы (табл. 1).

Как видно, время на создание и добавление новых модулей в систему резко сократилось. Если до внедрения сервис-ориентированной архитектуры модуль в среднем разрабатывался и внедрялся 15,7 дней, то после модернизации такая работа занимала только 5,8 дней, т.е. время внедрения новых модулей снизилось на 63%.

Во втором эксперименте производились измерения уровня обученности студентов до внедрения сервис-ориентированной архитектуры и после перестроения системы управления образовательным процессом университета.

Результатирующие данные по второму эксперименту приведены в табл. 2.

1. Время добавления модулей в систему управления образовательным процессом университета

	1 семестр, 2010 г. (до внедрения системы)	2 семестр, 2011 г. (до внедрения системы)	1 семестр, 2011 г. (после внедрения системы)	2 семестр, 2012 г. (после внедрения системы)
1*	15,1	16,3	6,7	4,9
2*	6	4	10	14

Примечания:

1* – среднее время на добавление одного модуля в систему (дней);

2* – количество добавленных модулей.

2. Динамика уровня обученности студентов

	1 семестр, 2010 г. (до внедрения системы)	2 семестр, 2011 г. (до внедрения системы)	1 семестр, 2011 г. (после внедрения системы)	2 семестр, 2012 г. (после внедрения системы)	Динамика
1*	73,24	75,32	77,46	78,41	+5,17
2*	19,1	19,42	19,8	20,02	+0,92
3*	91,6	90,04	92,08	93,13	+2,94
4*	81,06	82,14	86,92	89,32	+8,26

Примечания:

1* – уровень обученности по модифицированной математической модели Смирнова;

2* – уровень обученности с учетом времени выполнения заданий;

3* – количество студентов, вовремя сдавших экзамен, %;

4* – количество студентов, пользующихся системой, %.

Для определения влияния внедрения сервис-ориентированной архитектуры в систему управления образовательным процессом университета на уровень обученности студентов были выдвинуты следующие нулевые гипотезы о наличии линейных зависимостей:

1) между количеством модулей в системе управления образовательным процессом университета и уровнем обученности;

2) между количеством модулей в системе управления образовательным процессом университета и уровнем обученности с учетом времени выполнения заданий;

3) между количеством модулей в системе управления образовательным процессом университета и количеством студентов, вовремя сдавших экзамен по исследуемому предмету;

4) между количеством модулей в системе управления образовательным процессом университета и количеством студентов, использующих данную систему.

Для проверки гипотез выберем случайную величину, которая при справедливости нулевой гипотезы имеет распределение *t*-критерия Стьюдента с *k* = *n* – 2 степенями свободы:

$$t_{\text{эмп}} = \frac{r(X, Y)\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r(X, Y)^2}},$$

где *r*(*X*, *Y*) – коэффициент корреляции Пирсона; *n* – количество степеней свободы.

Результаты статистической проверки выдвинутых гипотез приведены в табл. 3.

3. Результаты проверки выдвинутых гипотез

Нулевая гипотеза	Коэффициент корреляции Пирсона	<i>t</i> _{эмп}	<i>t</i> _{кр} (0,1,2)	
№ 1	0,88	5,39	6,96	Принимается
№ 2	0,86	4,65	6,96	Принимается
№ 3	0,75	1,59	6,96	Принимается
№ 4	0,45	0,71	6,96	Принимается

В результате диссертационного исследования была модифицирована система управления образовательным процессом университета VitaLMS. На рисунках 4 и 5 изображены снимки экрана модифицированной системы.

В заключении приведены основные результаты научного исследования.

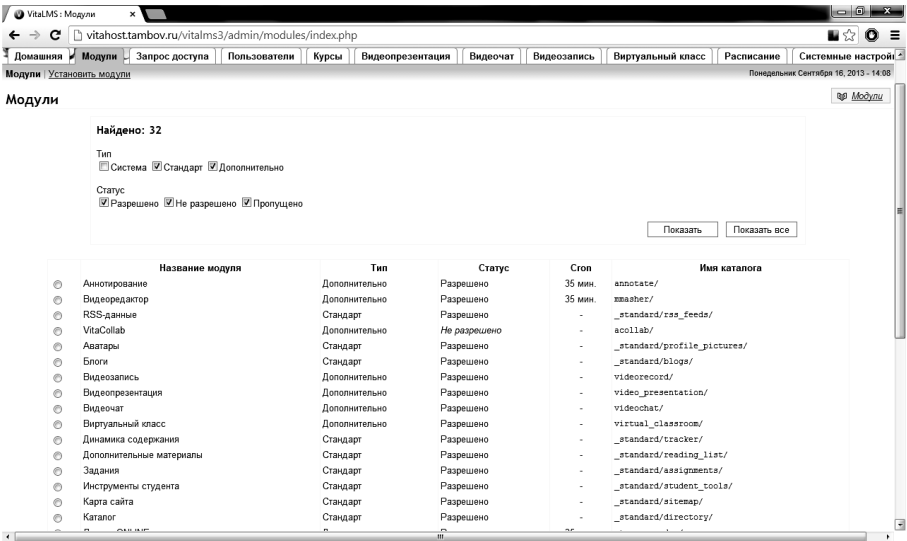


Рис. 4. Снимок экрана панели управления модулями системы VitaLMS

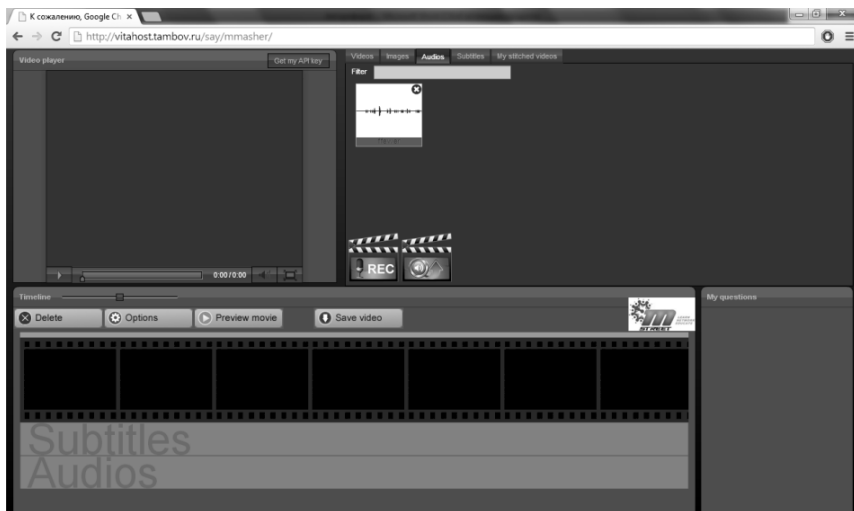


Рис. 5. Снимок экрана модуля «видеоредактор» системы VitaLMS

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. На основе методов системного анализа сформулирована и решена задача структурно-параметрического синтеза системы управления образовательным процессом университета, построенной на базе сервис-ориентированной архитектуры, позволяющая минимизировать количество связей между модулями внутри системы и снизить ее сложность.

2. Разработаны параметры и методы взаимодействия компонентов и модулей в системе управления образовательным процессом университета, построенной на базе сервис-ориентированной архитектуры, которые позволили снизить количество связей в системе и уменьшить ее сложность. Благодаря разработанным алгоритмам, время разработки и внедрения новых модулей в систему снизилось в среднем на 63%.

3. Разработан алгоритм прогнозирования и обхода тупиковых ситуаций при взаимодействии модулей внутри системы управления образовательным процессом университета, построенной на базе сервис-ориентированной архитектуры, которые позволили исключить вероятность зависания одного или нескольких модулей при работе с системой.

4. На основе концепции сервис-ориентированной архитектуры разработана электронная система управления образовательным процессом университета, которая позволяет импортировать в нее либо модули из наиболее известных систем управления обучением, либо кроссплатформенное приложение для настольных операционных систем.

5. Исследовано и доказано влияние структуры разработанной системы управления образовательным процессом университета, а также количества модулей в ней на повышение качества подготовки специалистов посредством увеличения уровня обученности на 3% и увеличения процента студентов, вовремя сдавших экзамен по изучаемому предмету на 2,9%.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах из перечня ВАК:

1. Автоматизированная система разработки сайтов как RichInternetApplications на базе сервис-ориентированной архитектуры / А. Ю. Савельев, И. М. Радченко, В. Е. Подольский, В. Е. Красильников // Дистанционное и виртуальное обучение. – Саратов : Изд-во СГА, 2011. – № 6. – С. 4 – 10.
2. Внедрение сервис-ориентированной архитектуры в систему управления обучающим процессом университета / А. Ю. Савельев, В. Е. Подольский // Дистанционное и виртуальное обучение. – Саратов : Изд-во СГА, 2013. – № 5. – С. 101 – 107.
3. Исследование методов определения уровня обученности студентов в системах управления образовательным процессом университетов / А. Ю. Савельев, В. Е. Подольский // Информационные системы и технологии. – Орел : Изд-во УНПК, 2013. – № 6. – С. 41 – 45.

Статьи и тезисы в сборниках научных трудов и конференций:

4. Автоматизированная система разработки сайтов как RichInternetApplications на базе сервис-ориентированной архитектуры / А. Ю. Савельев, И. М. Радченко, В. Е. Подольский, В. Е. Красильников // Тр. XVII Всерос. науч.-метод. конф. «Телематика 2010». – Санкт-Петербург : Изд-во ИТМО, 2010. – С. 149 – 152.
5. Применение принципов сервис-ориентированной архитектуры в системе управления обучающим процессом университета / А. Ю. Савельев, В. Е. Подольский // Тр. Всерос. науч.-метод. конф. «Телематика 2013». – Санкт-Петербург : Изд-во ИТМО, 2013. – С. 183–184.
6. New Modules in the Multimedia Learning and Learning Content Management System VitaLMS TSTU / И. М. Радченко, В. Е. Подольский, В. Е. Красильников, А. Ю. Савельев, И. Н. Руденко // International Congress of Information Technologies. Proceedings of Abstracts. – Саратов : Изд-во СГТУ, 2012. – С. 91–92.
7. Video Editor Module for the Multimedia Learning Management System VitaLMS TSTU / А. Ю. Савельев, В. Е. Подольский // International Congress of Information Technologies. Proceedings of Abstracts. – Саратов : Изд-во СГТУ, 2012. – С. 92–93.

Авторские свидетельства Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам

8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2010615719 от 3 сентября 2010 г. Мультимедийная система управления обучением и учебным контентом VitaLMS / И. М. Радченко, В. Е. Красильников, А. Ю. Савельев.
9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2010614271 от 1 июля 2010 г. Автоматизированная система управления сайтами TSTUResearch / И. М. Радченко, В. Е. Красильников, А. Ю. Савельев.
10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2010614272 от 1 июля 2010 г. Система видеосервисов общего доступа TambovTube / И. М. Радченко, В. Е. Красильников, А. Ю. Савельев.

Подписано в печать 31.10.2013.
Формат 60×84/16. 0,93 усл. печ. л. Тираж 100 экз. Заказ № 483

Издательско-полиграфический центр ФГБОУ ВПО «ТГТУ»
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14
Телефон (4752) 63-81-08
e-mail: izdatelstvo@admin.tstu.ru